九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

海洋観測機器の回収について

丸林，賢次
九州大学応用力学研究所技術室

安永，誠
九州大学応用力学研究所技術室

稲田，勝
九州大学応用力学研究所技術室

石橋，道芳
九州大学応用力学研究所技術室

https://hdl.handle.net/2324/14023

出版情報：九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート. 9, pp.109-118, 2008-03. 九州大学応用力学研究所
バージョン：
権利関係：

海洋観測機器の回収について

九州大学応用力学研究所技術室
丸林賢次、安永　誠、稲田　勝、石橋道芳

１．はじめに

当研究所、東アジア海洋大気環境研究センターでは、対馬海峡の流量を知るために、いろいろな方法で測流が行われている。その主なものは、①対馬海峡の代表的な場所の海底に設置した超音波流速計による長期間の計測、②定期船に取り付けた超音波流速計による、対馬海峡断面流速の計測、③対馬東西海峡の広範囲の表層流を１時間毎に計測する海洋レーダーによる方法である。

今回は、その中の海底に設置した超音波流速計による計測での出来事について述べる。

２．経緯と目的

超音波流速計を設置する対馬東西海峡は好漁場である。地引き網等も当然頻繁に行われる。その対策として超音波流速計の設置には、ＴＲＢＭ（Trawl Resistant Bottom Mounts ）を使用する。そのＴＲＢＭは漁具対策のためにピラミットを低くしたよう形状である。設置前の船上のＴＲＢＭを写真１に示す。また、その構造の概略を図１に示す。

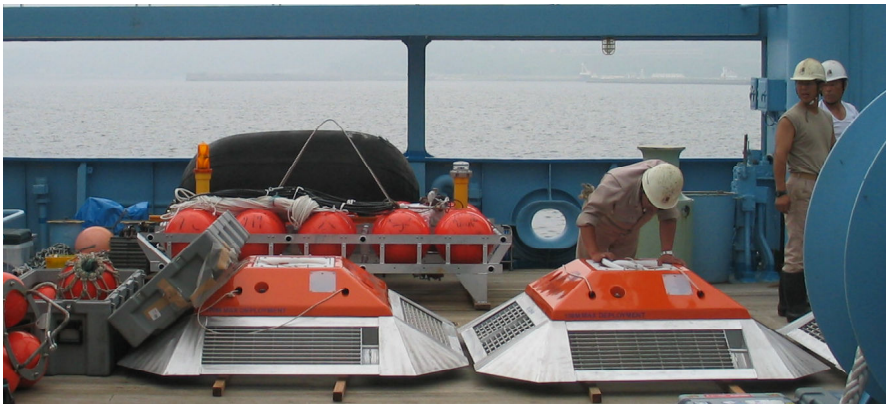

写真１　船上のＴＲＢＭ

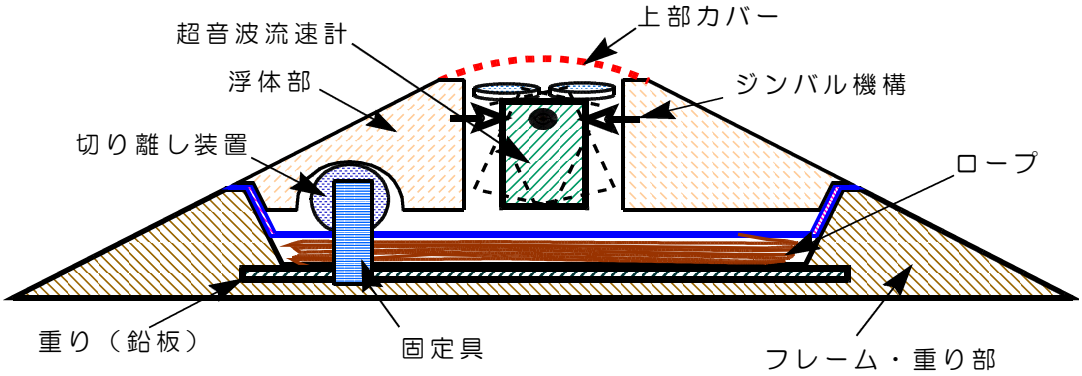

図１　ＴＲＢＭ概略の断面図

このＴＲＢＭの寸法と重量は、一辺が約 1.8 m x 1.8 m で高さが約 0.6m で下部約 300Kg（フレーム・重り）と上部約 100Kg（浮体と計測器 ）である。下部と上部は分離する機構であり、固定具により固定されている。

その構成は、超音波流速計、浮体部、切り離し部、ロープ、フレーム・重り部からなる。超音波流速計は、海底の傾きに対応するためのジンバル（自在具）機構にて垂直になるように浮体部に取り付けられている。浮体部は、小さな気泡ガラス球を、最適な形状に接着成型したものである。切り離し装置は、コード化された超音波信号による送受信を利用して、海上の船との通信ができる。この通信機能により、固定具の解除による切り離し動作の他に、切り離し装置と船の距離を知ることが出来る。つまり、船の位置をＧＰＳにて知れば超音波流速計の場所を緯度・経度で知ることが出来る、非常に優れたものである。ロープは、強張力で柔軟な素材でできていて、浮体部とフレーム・重り部を繋ぐものでフレーム回収時に使用する。その動作時の模式図を図２に示す。フレーム・重り部は、装置を海底に固定するものであり、地引網等の漁法から装置を守るものである。

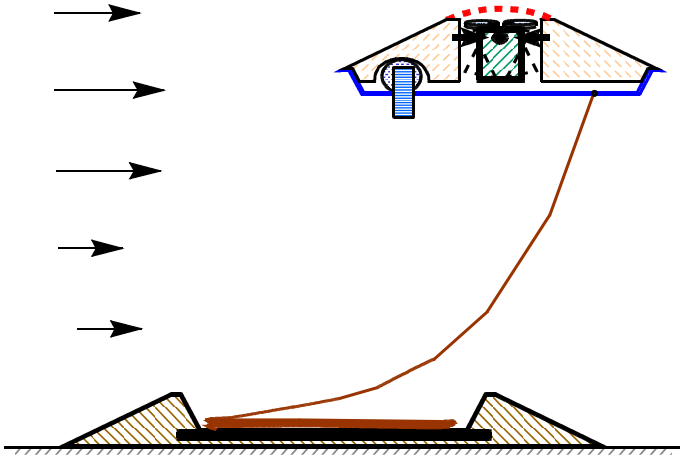

図２　切り離し後の浮上予想図

ＴＲＢＭ（超音波流速計）は長崎大学の長崎丸の観測航海を利用して、設置・回収が行われている。

２００６年７月の回収時に、対馬東の一基が回収ができなかった。ＴＲＢＭの近くから切り離し信号を何度も送ったにも拘わらず、応答はするものの浮上しなかった。海底に存在することは確認できたが、何らかの原因で正常に回収することが出来なかった。この航海では、他の観測との関係で（時間の都合上）予定通りの回収ができなかった。

それで後日、小型船にて回収作業をするということになった。このときは、何らかの原因でＴＲＢＭが転倒し、浮体が重りの下になり浮上せず回収できないと考えられた。

そこで、ＴＲＢＭが海底に転倒しているものと軽く考えて以下の回収掃海具を製作した。

３．回収掃海具の設計・製作

設計の条件として、以下のことを考慮した。

・小型船二艘にて、作業を行うものとする。

・一回の掃海で、できるだけ広い範囲を探索できること。
・速い潮流に対応すること。
・転倒を修正するだけならば大きな力は必要ない。
これらの条件で、以下のものを考えた。

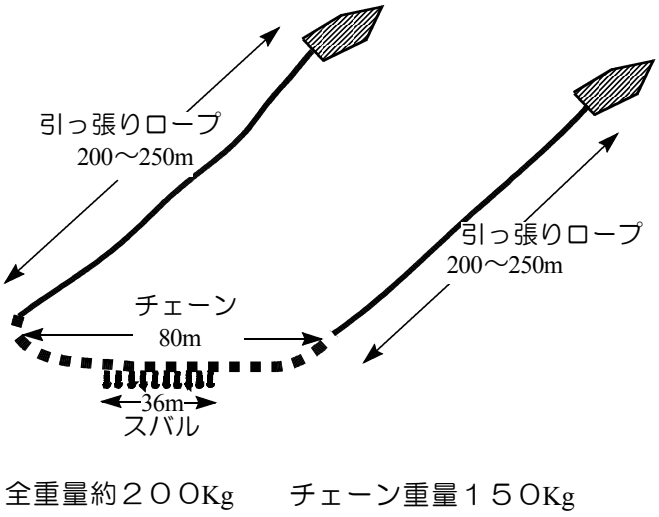

図３　掃海作業予想図

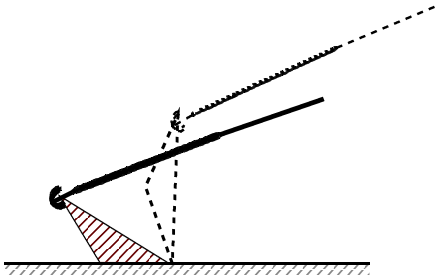

図４　スバル作用図

図３は、掃海作業予想図で、図５の掃海具を二艘の船にて長いロープを介して引っ張っているところである。このロープは引っ張り強度２トン以上のナイロン製の１４ミリ径を準備した。図４は、転倒中のＴＲＢＭにスバルが引っかかったときの予想図である。

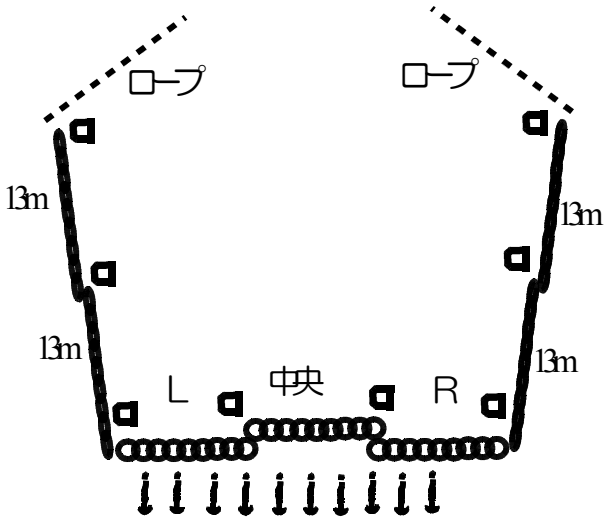

図５　二艘用の掃海具の構成

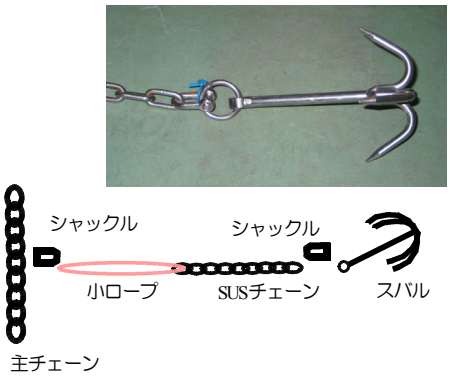

図６スバル取付図

図５は、掃海具の構成を示す。中央のチェーンは線径φ１０で両サイドのチェーンは線径φ８の鉄製のものである。因みに、今回使用するこのチェーンは、以前に他の研究室で動揺する係留系に掛かる力の実験に使用したものの再利用品である。運搬可能な重量の長

さとして、シャックルにて接続するものとした。図６は、引っかけ用スバルの取付図と使用するスバルの写真である。今回は大きな力は必要ないとして小さいスバルを準備した。費用のこともある。小型の船なので海底の岩等に掛かった時のことを考慮して、途中にヒューズの役割としてφ６の細いロープを入れている。

４．最初の回収作業

潮流、気圧配置等を考慮して日程を決め、対象地点（水深 110m）に近い漁港で、少し大きめの漁船２艘をチャーター予約し、掃海具一式と共に吉川准教授を先頭に総勢５名で対馬に乗り込んだ。実際の回収作業は、翌日の午前が目標である。到着の日にＴＲＢＭの場所確認のため、吉川准教授、稲田、石橋の３名が１艘の漁船に乗り込み現場に向かった。その調査・掃海の海域を図７で示す。

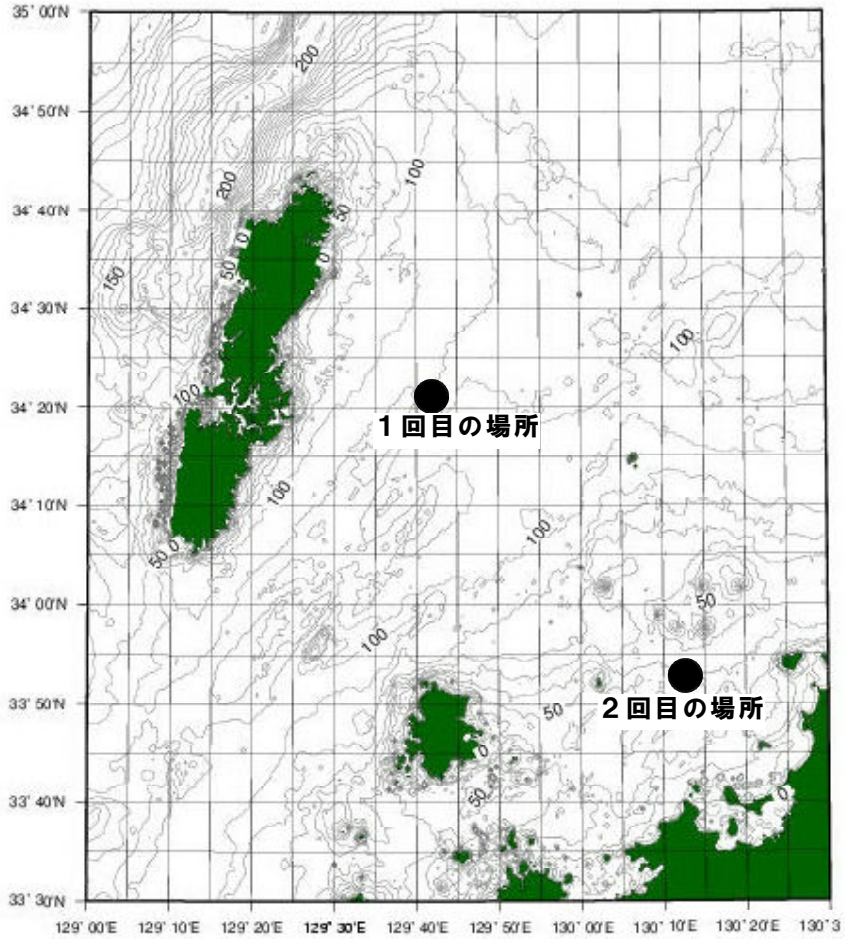

図７　回収できなかったＴＲＢＭの設置場所

現場での、ＴＲＢＭのポジション確認作業で、海底に有る事が確認できた。また、この作業中に何度か切り離しの信号を発していた。この作業後半にあれは何だと、船長が今回の回収目標の超音波流速計の付いた浮体を発見した。何故か、浮上している。ラッキーで

ある。このことは後日、大ラッキーだったことがわかる。船は位置確認作業の装備であったので、ＴＲＢＭ全体を回収することはできない。計測記録を収納している超音波流速計が付いている浮上部分のみ回収し、海底部のフレーム・重り部には、下部回収用ロープの先端に、目印として浮子を付けて置いてくることにした。

五根緒海洋レーダー基地の保守に出向いていた、安永、丸林は、無事回収との知らせを聞き、贅沢ではあるが何とも複雑な心境であった。この日の宿での祝杯は美味しかった。

余談であるが水中部の回収は、後日の漁のできない少し荒れた日に回収してくれた。船に吊り下げたまま、港まで曳航してきたとのこと。船長曰く、ロープは強かったとの言。データは回収できたので、急ぐことはないとは言ったものの、反省。

この時は、製作した掃海具を使用することはなかった。

５．回収できなかった原因・対策

回収したＴＲＢＭ一式を調査したところ、固定具を解除する切り離し装置の動作までは正常に働いていたが、フリーになったレバーが引っかかって、何回も切り離しの信号を送ると少しずつ動くが、正常に外れないことが解った。その対策として、ゴムひもによる張力を追加した。

その他にも不備を見つけた。固定具のフック（SUS 製）部分である。プラスチック製の受け具に接していたところに、隙間電食と思われる深さ１ミリ程度の浸食がみられた。このことは、鋭く尖った浸食部がプラスチックに食い込めば外れなくなることも考えられる。後日、このフックは電食に強いチタン製に交換された。また、本体保護用の電食材の亜鉛の消費が大きい、これに対して本体をペンキ等による絶縁が必要と考える。

６．二回目の回収現場での不成功

次の回収航海に向けて、もしもの時に長崎丸で使用する掃海具の製作依頼があった。長崎丸１隻での掃海作業である。長崎丸は大きく船尾にクレーン等の吊り具が完備している。掃海具を船尾より海中に投入することを想定して、図８のような掃海具を製作した。掃海幅を広くし、潮流に耐える重さとした。

この掃海具は、中央の支柱を SUS パイプ（φ 89.1xt3x6,000）に曲げ補強用とスバル取付部を兼ねた、SUS 帯板（t4x50x6,000）を溶接したものを主とし、その両端に幅延長用 SUS パイプ（φ 76.3xt3x1,500+400）を差し込みで取り付ける構造とした。スバルを取り付けた横支柱の２ヵ所（場合に依っては６ヵ所）に付けたチェーンで曳くものである。

スバル取付チェーンの長さであるが、隣のスバルと絡まない長さとした。ここではヒューズ役の小ロープは使用していない。

今回の回収ＴＲＢＭは設置より１年経過後（１年間計測後）である。またしても、一基のＴＲＢＭが応答はあるものの浮上しなかったとのこと。それは、前回よりも博多に近い所（水深約 60m）で当研究所所有の調査艇「だんりゅう」で行けるところである。掃海具の準備はしていたが、前回の事もあり長崎丸での掃海具を使った回収作業は行われなかった。前回の動作不良の改修は行っていたので、今回の不首尾は何だろうか、という、疑念は残った。

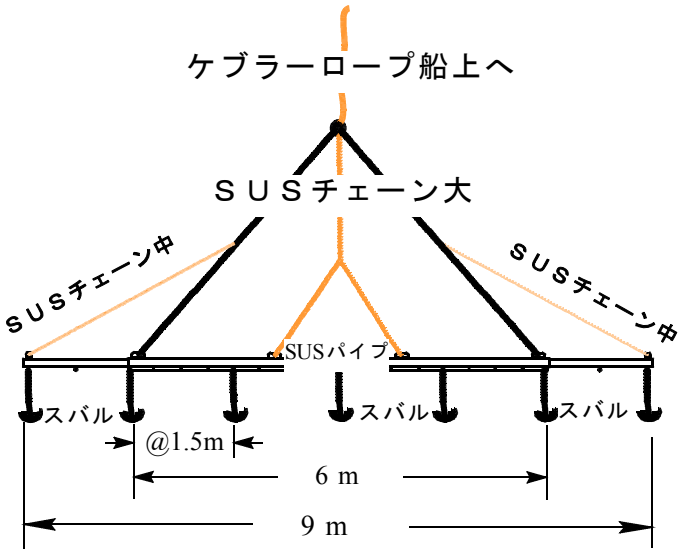

図８　一艘による掃海具の構成図

７．二艘式による掃海作業

最初に製作した掃海具の出番である。本学農学部水産実験所の調査艇「わかすぎ」（長さ 14m,総トン数 13 トン）と「だんりゅう」（長さ 8.8m,幅 2.4m,総トン数 2.4 トン）の二艘による回収作業を計画した。図５の二艘用掃海具を前回よりも水深が浅いと言うことで、チェーン径を少し細くし軽くしたものを準備した。

ＴＲＢＭ回収作業日は、気圧配置と潮汐の時間を考慮して決めた。「わかすぎ」に掃海具を積み込み出港した。現場ではまず始めに、切り離し装置の船上部を使用してＴＲＢＭの位置の確認作業をした。スムーズにＴＲＢＭの場所の特定ができた。

その方法は、目標手前付近から切り離し装置へ信号を発信し、切り離し装置からの返答信号から、距離の測定をするものである。その距離データが自動でコンピュータに取り込まれて瞬時にモニター画面上に距離を半径とした円が描かれるようにプログラムされてる。場所を変えて数回（４～５回）行い、数個の円を描かせその交点をＴＲＢＭの位置とする。

この日の海は凪いで波もなく穏やかであったが、潮流は速かった。

いよいよ回収作業の本番である。まず最初に、ロープ（ナイロン 8 打ちφ 14x200m）の先端を「だんりゅう」に送り、船間の距離をとり掃海作業の準備に掛かった。掃海具を可搬できる重量に分けて準備していたので、船上ではシャックルで繋ぐだけである。ここで大きな問題に気づいた。両船は 200m の範囲に居れば問題ないのだが、ロープに繋がるチェーンをある程度海中に送り出して行くとその重量が送り出し側に掛かってくるのである。その力が 100kg を超すことになる。道具を使わず人力だけで送り出すことは不可能である。設計時は、操船により張力をかけながら繰り出す予定であった。何とも、愚かであった。中央付近のスバルが作業服に引っかかったままチェーンを、海中に投入するようなことになれば殺人器である。簡単に考えていたが、重い上にスバルという障害物がつくと簡単に送り出すことはできない。時間を要するが安全のために、観測船で係留系を設置する時に使用する方法で行った。その方法を図９で説明する。

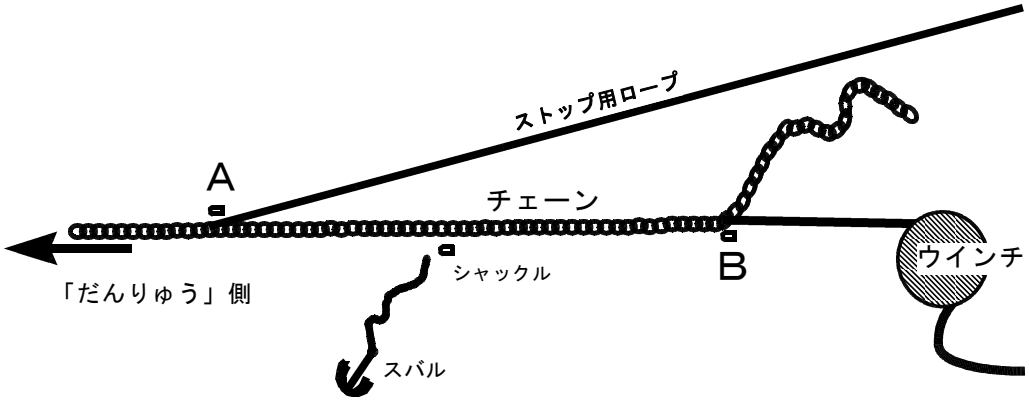

図９　送り出し方法の説明図

それはウインチを使った方法である。図９は、ストップ用ロープに加重が掛かっている状態である。ウインチで少し巻き取ることによりＡ点の負荷を無くし、Ａ点のストップ用ロープを外す。その後ウインチを逆転させてＢ点をＡ点直前まで送り、再びＡ点にストップ用ロープを取り付けてウインチの負荷をとる。そこでウインチ用のロープを外し、元のＢ点のところでウインチ用ロープを繋ぐ。この繰り返しである。一回の操作でＡ－Ｂ間の距離だけ送り出すことができる。かなりの時間を要した。安全第一である。この動作は尺取虫の動きに似ている。

掃海具を海中に投入し、ＧＰＳを頼りに何度も何度も目標地点を掃海した。２艘による方法は意外と難しい。連絡を取りながら、船のスクリューにロープが巻き付かないように気を付けて操船する必要がある。潮の流れが速い。回収作業の途中でロープにかなりの負荷が掛かった反応が有ったが、本命ではなかった。

（Ａ）

（Ｂ）

写真２　絡まった掃海具

時間切れで、掃海具を回収すると何と写真２（Ａ，Ｂ）のように絡まっているではないか、このようなままで掃海作業をしていたのである。これは海中に送り出すときに絡まったものと思われる。ガッカリである。また、片方の曳きロープのチェーンすぐ上に新しい

鉄さびが付いていた、海底に鉄製の物体が有るらしい。ＴＲＢＭのものでは無い。沈船？
　海底に有ることはハッキリしているのに回収できない。苦労したのに複雑な思いで帰港した。

８．一艘式による掃海作業

　二艘式の方法では、苦労のみ多くて上手くいかないと反省し、「わかすぎ」にて長崎丸用の一艘用の掃海具を使用することにした。「わかすぎ」は長崎丸と比べて小さいので、運搬や作業性を考慮して６ m に改造した。
　２回目のトライであるが、「わかすぎ」の作業用ウインチのワイヤーに掃海具を直接に接続し、船尾から投入し曳航して掃海作業を行った。単船での作業なので作業そのものは楽である。しかし、なかなか結果が出ない。前回のこともあり掃海具を途中で引き上げてみた。すると、スバルに小さな穴子が首根っこを串刺しにされて揚がってきた。また他にも、貝が２個スバルに刺さって揚がってきた。これはスバルの先端が海底の砂１０センチ程の深さまで入っていることを示している。その後、時間まで何度も掃海したが、回収することはできなかった。

９．水中カメラとダイバーによる回収作業

　どのような状態で海底に有るのか解らなくなった。水深が約６０ m であるが、ダイバーによる確認作業ができるか？水中作業の会社である國富株式会社の高森氏に相談をしたところ、短時間（10 分）であれば潜ることは可能であるとのこと。または、特殊なガスを使用すればもう少し長く作業できるとのこと。但し、このガスの入手には時間（１週間）を要することや高価で賞味期限が短いとのこと。このことは、１週間より先の海象を予測しなければならない。不可能に近い。
　ここで考えたのが水中カメラで探すと言うことである。運良く、発見できればダイバーによる短時間作業で回収できると思った。ただ、この海域は潮流が速い。ダイバー作業の時間帯は制限される。考えられることは何でも、という気持ちである。
　潜水用具や回収作業機材の準備をして、「わかすぎ」と「だんりゅう」の２艘で現場へ向かった。現場での作業は、まず最初にＴＲＢＭの位置確認である。次に「だんりゅう」の固定作業である。

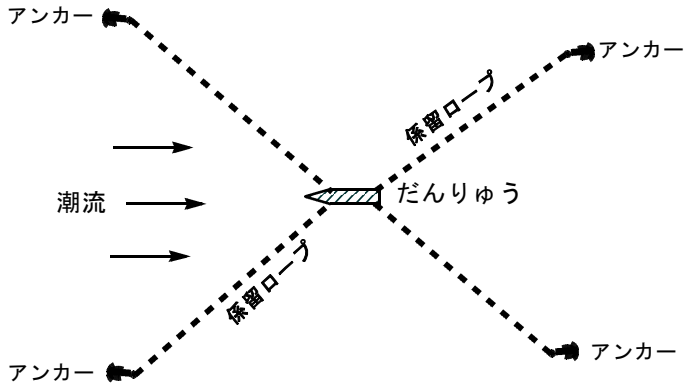

図１０　「だんりゅう」係留・固定図

この固定作業を図１０で説明する。目標地点の真上に「だんりゅう」を４点アンカーで固定する。その方法は目標地点から４方約１５０ｍ～２５０ｍの４地点に、「わかすぎ」を利用して２０ kg のアンカーを敷設し、そこからのロープで「だんりゅう」を係留する。４点からの係留ロープを操作することで、「だんりゅう」の位置調整を行う。小さい船の「だんりゅう」を固定船に使用したのはアンカーを小さくするためである。

この日は波が高く、「だんりゅう」は波に翻弄されて良く揺れた。作業は波と強い潮流にいじめられて苦労した。「だんりゅう」班はＧＰＳを頼りに固定作業を終えて、水中カメラを海中に入れるも強い流れに思うようにいかない。カメラの画像を見ながら、前後左右に移動し探査するも発見できず。時間は過ぎていく、潮止まりになるもまだ発見できず、ダイバーより潜水しても良いかの問い合わせ有り、船は目標点の真上である。滅多にないチャンスである。発見はできていないが、せっかくの準備である、駄目を覚悟で潜水の許可を出す。祈る思いもピークである。それから１時間後、残念ながら発見できずである。それから撤収作業後帰港に向かう。

１０．回収できなかった言い訳と対策

後日、カメラの映像を調べると海底は砂地である。小さな砂らしく時々濁る。何処にも見あたらない。何故だ。もしかしたら、この砂に埋まっているのか？一年間という長い間である。ＴＲＢＭを覆い隠すほどの砂の移動も十分考えられる。

切り離し装置は砂に埋まっていても、超音波による通信は可能である。砂に埋まっていることを仮定して、次の掃海の準備にはいる。その一つとしてスバルを写真３のようにサイズアップした。これで２０センチの深さまでは可能であろう。もし、これで成功しなければスバルによる方法では、船や係留策にかかる負荷が大きくなり無理と考える。５０センチ深さまでの専用掃海具を新たに設計・製作する必要がある。海の底に大事なデータが有るのだからどうしても回収したい。

写真３　製作した大スバル

１１．終わりに

今回は、いろいろと苦労したけど回収することはできなかった。特に、二艘式は、図で見る範囲では一見、幅広く掃海できそうであるが、地引き網と違ってスバルという厄介者が付くと、作業が困難になることが解った。決して、諦めたわけではない。春になり、海が呼んでくれるまでの休憩である。次は、何が何でも回収してやる。という気持ちは十分にある。ただ、言えることはこのＴＲＢＭの使用限界が見えてきたと言うことである。海底が岩場みたいに突起が有る場合には当然、用を満たさない。海底の砂の移動が考えられる場所での使用は、計測期間に注意が必要であろう。

謝　　辞

今回の回収作業では長時間にわたり御協力頂いた「わかすぎ」の辻川雅昭船長や快く船の使用を許可して頂いた水産実験所の皆様に感謝致します。また、対馬での回収作業で幸運を呼び、また、豪快な回収作業で御協力頂いた古藤氏に感謝致します。最後に、このような機会を与えて頂いた上、気長に待って頂いている、増田章教授、吉川裕准教授に感謝致します。